

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»
Кафедра маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

С. П. Бахаева, А. О. Галкина

РАСЧЕТ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАСЕЧЕК НА ПЭВМ

Рекомендовано в качестве методических указаний
к лабораторным работам
учебно-методической комиссией специальности
130402 «Маркшейдерское дело»

Кемерово 2012

УДК 622.1:622.012.3

Рецензенты:

Корецкий С. Б. – к. т. н., доцент кафедры маркшейдерского дела, кадастра и геодезии

Игнатов Ю. М. – к. т. н., председатель учебно-методической комиссии специальности 130402 «Маркшейдерское дело», направления 130400 «Горное дело»

Бахаева Светлана Петровна, Галкина Анна Олеговна. Расчет геодезических засечек на ПЭВМ. [Электронный ресурс] : для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / С. П. Бахаева, А. О. Галкина. – Электрон. дан. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 95 ; (CD-ROM- дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

В представленном издании приведен порядок подготовки исходных данных, составления схем и выполнения расчетов на ПЭВМ с использованием компьютерных программ. Методические указания составлены в соответствии с заданием к лабораторным работам №2 и №3, выполнение которых предусмотрено рабочей программой учебной дисциплины, изучаемой в течение шестого семестра.

© КузГТУ, 2012

© Бахаева С. П., Галкина А. О.

Введение

Учебная дисциплина «Маркшейдерские работы при открытой разработке полезных ископаемых» входит в цикл специальных дисциплин по профессиональной подготовке горного инженера-маркшейдера специальности 130402 «Маркшейдерское дело» и изучается в 6-м семестре.

В настоящих «Методических указаниях...» приводится порядок подготовки исходных данных, составления расчетных схем и выполнения расчетов на ПЭВМ при выполнении двух лабораторных работ: «Выбор оптимального способа создания съёмочного обоснования на ПЭВМ» и «Вычисление и оценка точности определения координат пункта съёмочной сети обратной засечкой на ПЭВМ», предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины. Приводимые в «Методических указаниях...» схемы и алгоритмы задач, заложенных в программу, позволяют студенту правильно подготовить исходные данные до того, как студент обратится к машине, что сократит затраты машинного времени и обеспечит понимание решаемой задачи.

Автором, приведенных в «Методических указаниях...» программ, является А. В. Гаденов.

Все расчеты выполняются студентом самостоятельно в соответствии с индивидуальными заданиями по каждой лабораторной работе по номеру варианта, назначаемому преподавателем. Исходные данные для соответствующего номера варианта приведены в Методических указаниях к лабораторным работам [6].

Исходные данные для выполнения расчетов, а также результаты расчета студент записывает в таблицы, примеры которых приведены в настоящих «Методических указаниях...».

Лабораторная работа № 1

Выбор оптимального способа создания съёмочного обоснования на ПЭВМ

Цель работы

Запроектировать пункты съёмочного обоснования для тахеометрической съёмки уступов и произвести оценку точности в зависимости от способа привязки их к пунктам опорной сети.

Исходные данные

1. План поверхности Петровского бурогоугольного месторождения (выдается преподавателем).
2. Участок плана горных выработок и горизонт для проектирования пунктов съёмочного обоснования (табл. 1).
3. Способ съёмки подробностей – тахеометрический.
4. Масштаб съёмки – 1:2000.

Таблица 1

Исходные данные по вариантам

№ варианта	Участок плана	Горизонт	№ варианта	Участок плана	Горизонт
1	120–125	270	16	135–140	240
2	125–130	270	17	120–125	280
3	130–135	270	18	125–130	280
4	135–140	270	19	130–135	280
5	120–125	260	20	135–140	280
6	125–130	260	21	125–130	220
7	130–135	260	22	130–135	220
8	135–140	260	23	135–140	220
9	120–125	250	24	130–135	230
10	125–130	250	25	135–140	200
11	130–135	250	26	130–135	270
12	135–140	250	27	120–125	270
13	120–125	220	28	125–130	270
14	125–130	240	29	130–135	270
15	130–135	240	30	135–140	270

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с номером варианта установить участок плана горных работ, для съёмки которого необходимо запроектировать пункты съёмочного обоснования.

2. На ватмане вычертить сетку координат, нанести положение пунктов опорной сети и участок плана горных работ (по варианту).

3. С учётом требований «Инструкции ...» [4, пп.66, 79, 81, 112, 113] по проектированию съёмочного обоснования для тахеометрического метода съёмки наметить местоположение пунктов, обеспечивающих съёмку заданного по варианту участка горных работ.

4. Произвести привязку пунктов съёмочного обоснования к пунктам опорной сети [1, п.1.3]: способом прямой геодезической засечки (рис. 1), полярным способом (рис. 2) и способом обратной геодезической засечки (рис. 3). В пояснительной записке начертить схемы.

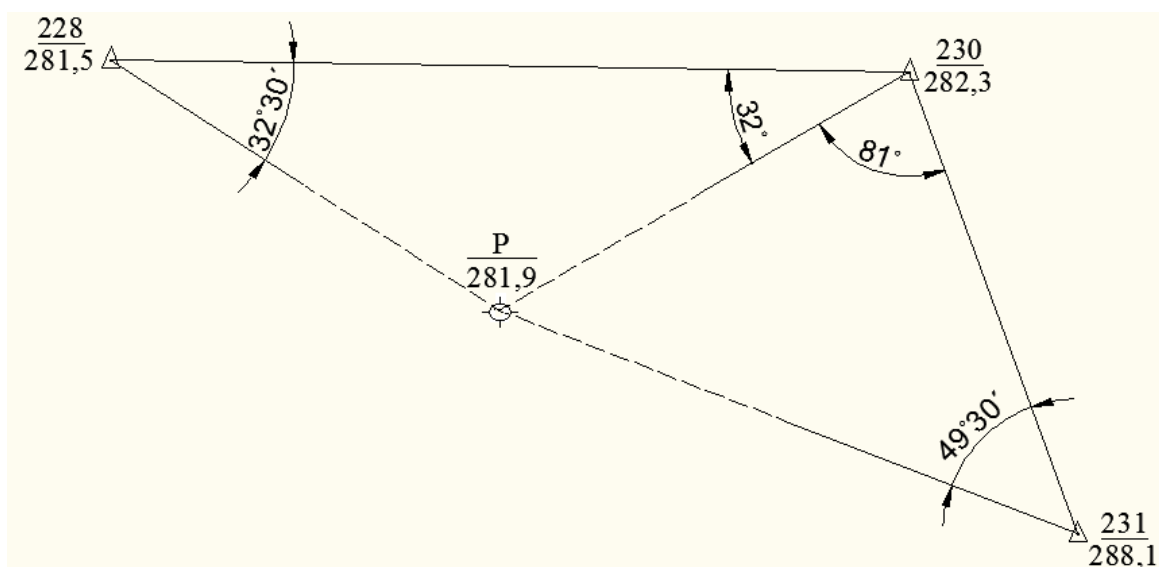


Рис.1. Схема привязки пункта Р способом прямой геодезической засечки

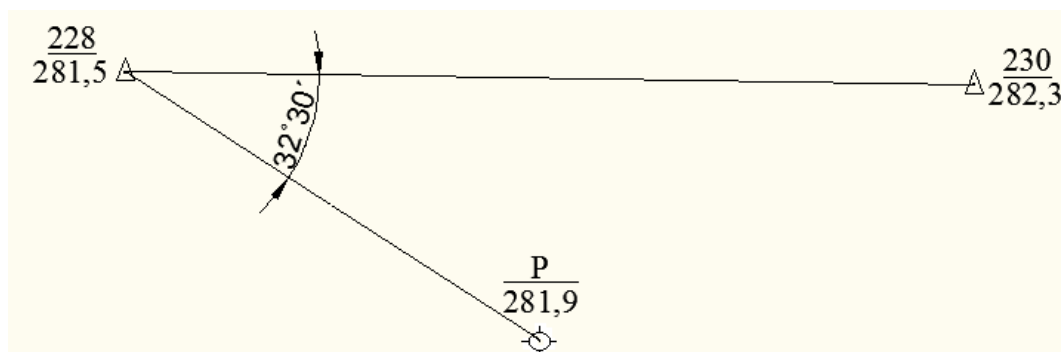


Рис. 2. Схема привязки пункта Р полярным способом

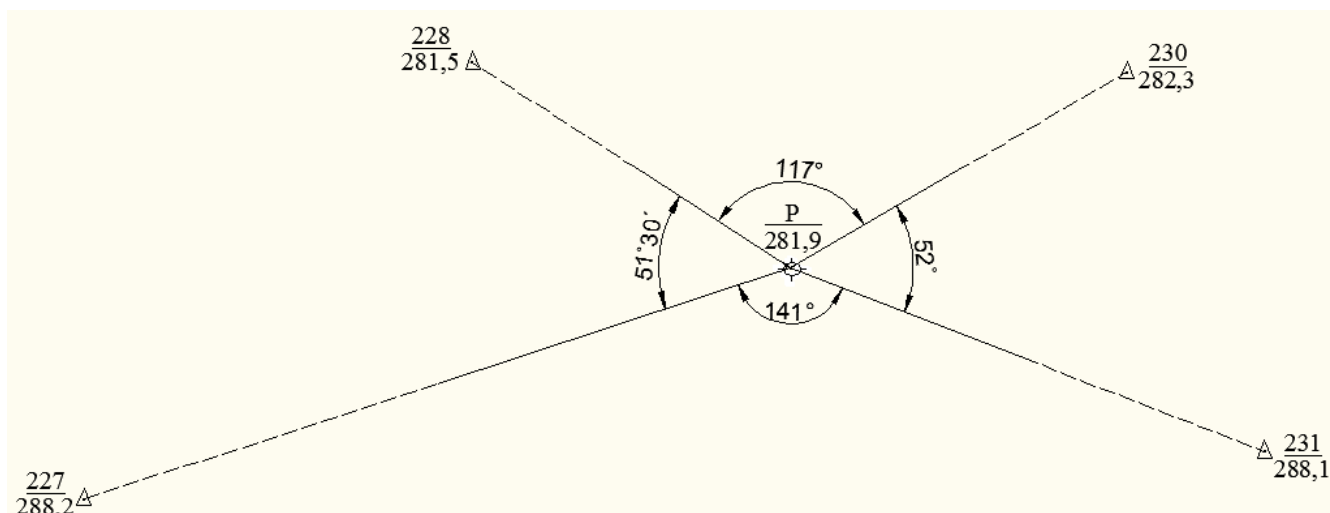


Рис. 3. Схема привязки пункта Р способом обратной геодезической засечки

5. Из каталога координат выписать координаты пунктов опорной сети (табл. 2), к которым произведена привязка пунктов съёмочного обоснования.

Таблица 2

Каталог координат пунктов опорного обоснования
(план поверхности Петровского бурогольного месторождения)

Номер пункта	Координаты, м			Высота наведения, м
	X	Y	Z	
212	2521590,50	7513600,20	302,91	1,4
214	2521892,50	7512405,10	299,11	1,4
225	2520937,50	7512055,00	287,35	1,4
226	2521220,50	7512200,00	283,10	1,4
227	2520925,30	7512395,00	288,20	1,4
228	2521235,00	7512670,20	281,50	1,4
229	2520952,40	7512775,00	289,10	1,4
230	2521230,00	7513140,00	282,30	1,4
231	2520957,50	7513237,50	288,10	1,4
232	2521187,50	7513435,00	280,70	1,4
233	2520950,00	7513590,00	286,10	1,4
234	2521190,00	7513877,50	282,10	1,4
235	2520900,60	7513962, 40	285,20	1,4

6. На ПЭВМ загрузить программу «**zasechki.exe**», в основном меню программы (рис. 4) выбрать блок «**Работа с каталогом**» (рис. 5), операцию «**Редактирование, просмотр каталога**» (рис. 6).

Программа «**zasechki.exe**» предназначена для решения двух задач:

- **предрасчёта** ожидаемой погрешности положения определяемого пункта на стадии проектирования;

- **анализа** результатов фактических измерений, т.е. расчета погрешности положения пункта по результатам произведенных измерений.

В настоящей лабораторной работе выполняется проектирование пунктов съёмочного обоснования. Для выбора оптимального местоположения пунктов и схемы привязки проектируемых пунктов к опорной геодезической сети выполняется *предрасчёт* ожидаемой погрешности, для чего углы и длины снимают графически. Поэтому *координаты*, полученные при работе с блоком программы «Вычисление погрешности положения пункта съёмочной сети», *использовать* для решения каких-либо задач *недопустимо*.

В программе «**zasechki.exe**» не заданы требования «Инструкции по производству маркшейдерских работ ...» [4], чтобы не ограничивать её возможности. Поэтому программа «**zasechki.exe**» может быть использована не только для вычисления погрешности пунктов съёмочной сети, но и для решения других задач. Работая с программой необходимо знать допустимые погрешности и управлять программой в зависимости от полученных результатов.

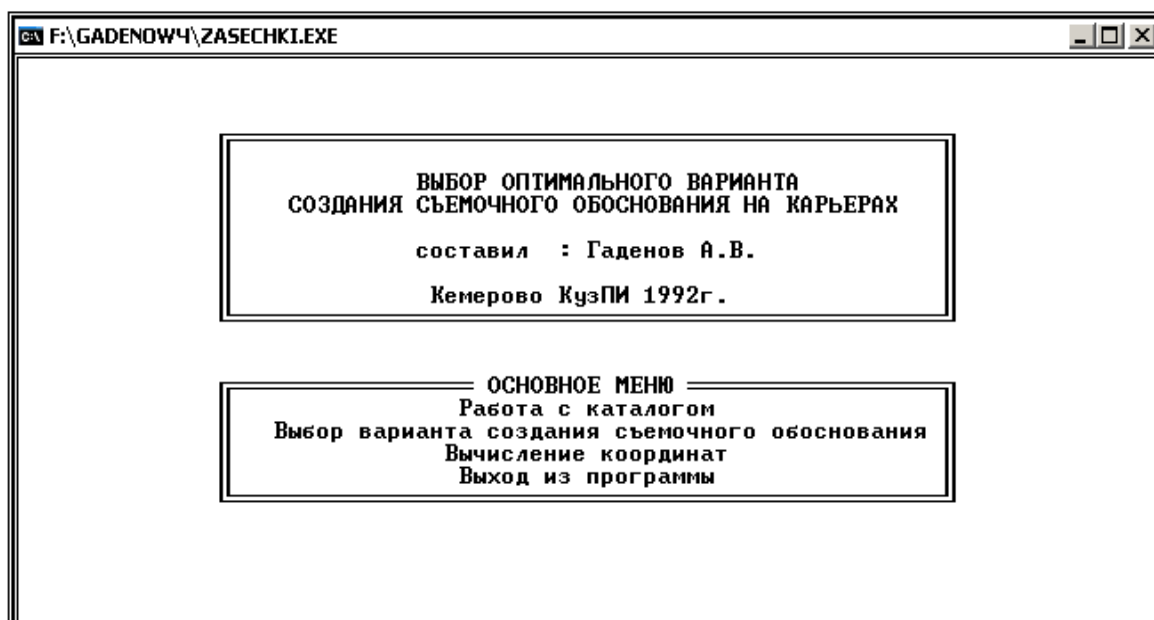


Рис. 4. Вид основного меню на экране

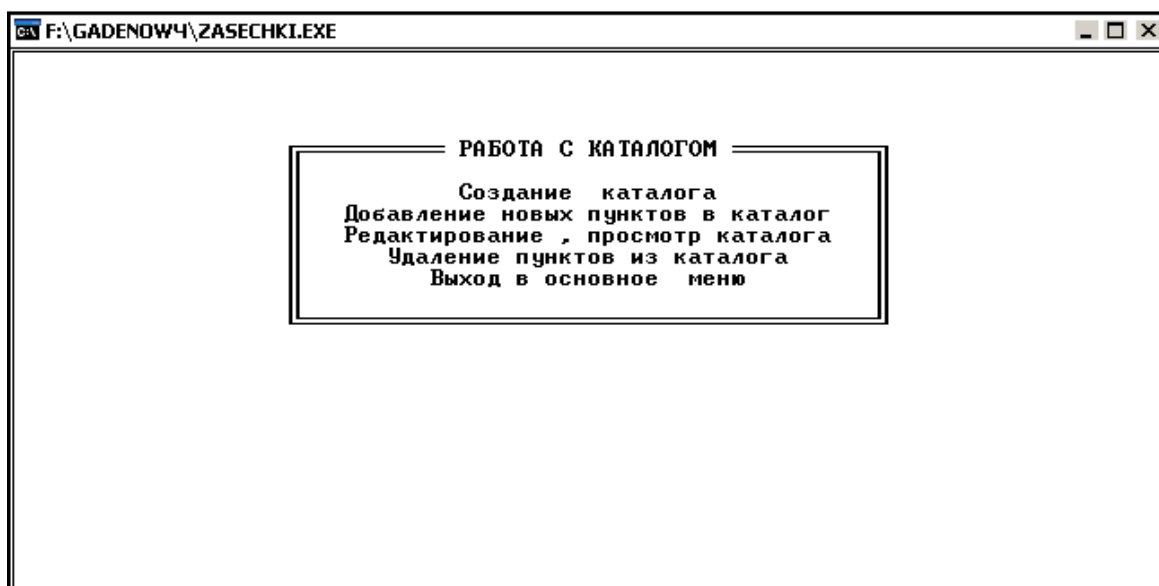


Рис. 5. Вид на экране блока программы «Работа с каталогом»

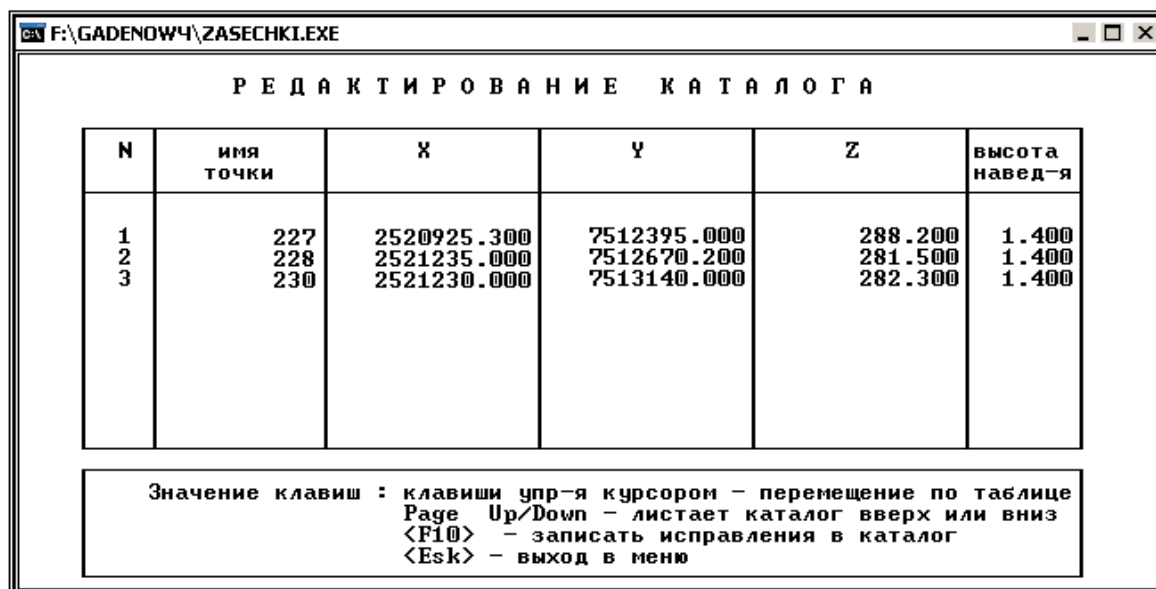


Рис. 6. Вид экрана при редактировании каталога

7. Проверить, имеются ли в каталоге сведения о пунктах опорной сети, к которым произведена привязка запроектированных пунктов съёмочного обоснования, и верно ли занесены сведения о координатах:

- если неверно занесены **координаты** какого-либо пункта, выбрать операцию **«Редактирование, просмотр каталога»** и внести исправления;
- если в каталоге отсутствует **номер** пункта, выбрать операцию **«Добавление новых пунктов в каталог»** и внести сведения в

каталог, при этом высоту опорных пунктов (высоту наведения) принять равной 1,4 м ($v = 1,4$ м).

Составление каталога

- для занесения элемента в список таблицы (рис. 7.) набрать в нижней части таблицы сведения о пункте опорной сети (имя, координаты, высоту наведения) и нажать клавишу «F2»;
- аналогично ввести сведения обо всех пунктах опорной сети (не более 10);
- для занесения всего списка в каталог нажать клавишу «F10».

The screenshot shows a window titled "РЕДАКТИРОВАНИЕ КАТАЛОГА" (Editing Catalog) with a table of points and a data entry section at the bottom.

N	Имя точки	X	Y	Z	Высота навед-я
1	227	2520925.300	7512395.000	288.200	1.400
2	228	2521235.000	7512670.200	281.500	1.400
3	230	2521230.000	7513140.000	282.300	1.400

Имя пункта	231	X=	2520957.500	F2 - внести эл-т в список
		Y=	7513237.500	F10 - " " список в каталог
		Z=	288.100	
Высота наведения на виз-ю цель v=	1.400	<Esc> - выход в меню		

Рис. 7. Вид экрана при пополнении каталога

В списке (рис. 7.) находятся сведения о пунктах «227», «228» и «230», при нажатии клавиши «F10» информация об этих пунктах будет занесена в каталог, сведения о пункте «231» не будут занесены в каталог, так как этот элемент не внесён в список.

8. Подготовить исходные данные для расчёта погрешности положения пунктов съёмочного обоснования:

- углы наклона вычислить по отметкам пунктов, указанным на плане, и горизонтальным проложениям, измеренным графически;
- высоту инструмента принять равной 1,4 м ($i = 1,4$ м);
- исходные данные для расчёта погрешности положения пункта в плане, определенного прямой (два варианта) и обратной (четыре варианта) засечками свести в табл. 3; полярным способом (два варианта) – в табл. 4.

Таблица 3

Исходные данные для расчета погрешности положения пункта, определенного прямой и обратной засечками (пример)

Вид засечки	Вариант	Имена опорных пунктов	Внутренний угол на определяемом пункте	Направления на опорные пункты
Прямая	1	228 230	32.3000 32.0000	
	2	230 231	81.0000 49.3000	
Обратная	1	228		0.0000
		230		117.0000
		231		169.0000
	2	230		0.0000
		231		52.0000
		227		193.0000
	3	228		0.0000
		231		169.0000
		227		310.0000
	4	230		0.0000
		227		193.0000
		228		244.3000

Таблица 4

Исходные данные для расчета погрешности положения пункта, определенного полярным способом (пример)

Наименование характеристики	Исходные данные		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Название определяемого пункта	Р	Р	Р
Пункт стояния	228	228	228
Пункт наведения	230	230	230
Горизонтальный (левый) угол на определяемый пункт	32.3000	32.3000	32.3000
Горизонтальное проложение (расстояние до определяемого пункта)	270.000	270.000	270.000
СКП измерения горизонтального угла	5	5	5
СКП измерения вертикального угла	5	5	5
Способ измерения длины: (постоянные светодальномера: $a=1,0$; $b=5,0$)	светодаль- номер	рулетка	параллакт ический

9. Произвести расчёт на ПЭВМ погрешности положения пунктов съёмочного обоснования в плане для всех возможных способов привязки их к пунктам опорной сети. Для расчета погрешности в главном меню программы выберите блок **«Выбор варианта создания съёмочного обоснования»** (рис. 8).

Далее следует выбрать вид засечки (рис. 8) и рассчитать погрешность положения определяемого пункта в плане, определённого прямой (два варианта) и обратной (четыре варианта) засечками, а также полярным способом (три варианта).

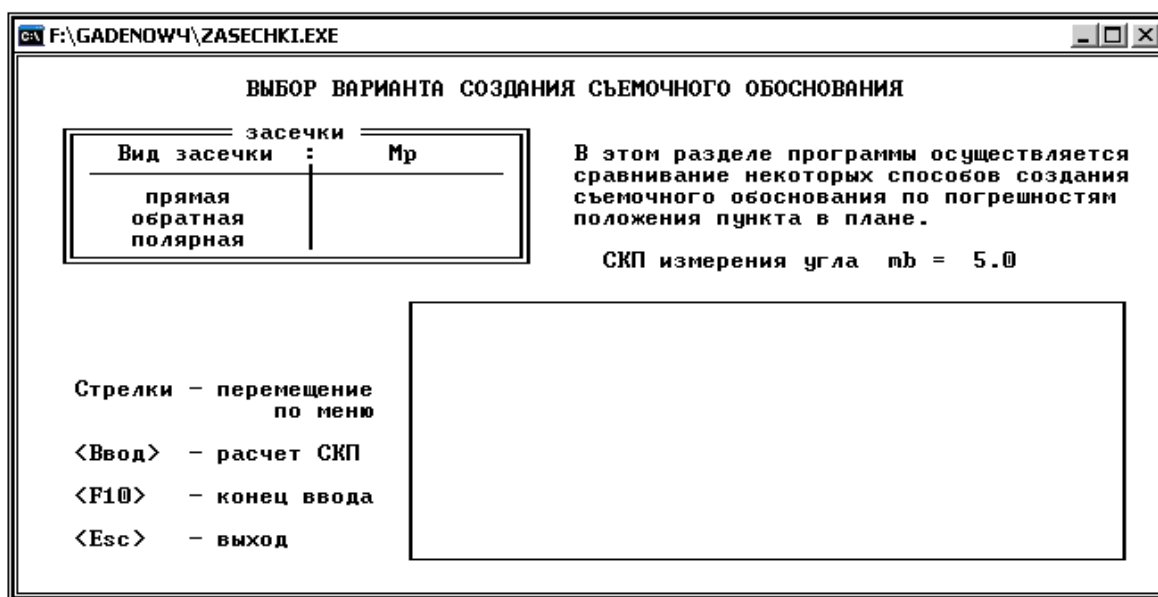


Рис. 8. Вид на экране блока программы «Выбор варианта создания съёмочного обоснования»

9.1. Рассчитать погрешность положения пункта Р в плане при привязке его к пунктам опорной сети способом прямой геодезической засечки (рис. 1).

При привязке пункта Р прямой засечкой необходимо ввести имена опорных пунктов, измеренные горизонтальные углы (внутренние) на определяемый пункт (рис. 9) и СКП измерения угла [1, табл. 1.2].

Вид экрана при расчёте погрешности положения пункта «Р» в плане способом прямой геодезической засечки представлен на рис. 9.

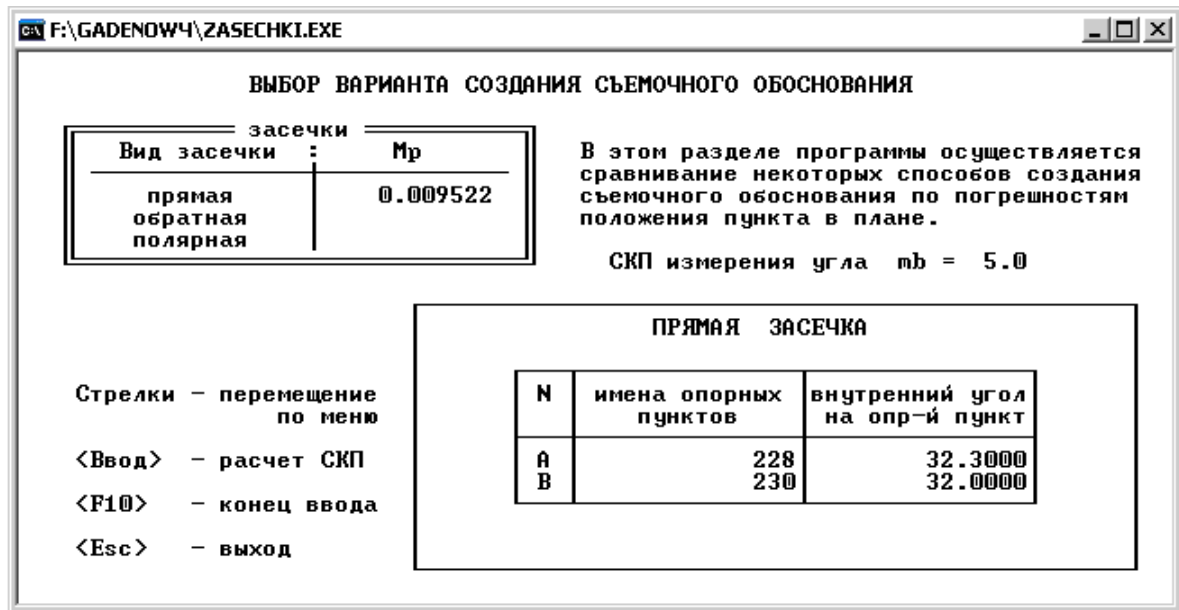


Рис. 9. Вид экрана при расчёте погрешности способом прямой геодезической засечки

9.2. Рассчитать погрешность положения пункта Р в плане при привязке его к пунктам опорной сети способом обратной геодезической засечки (рис. 3).

При привязке пункта Р обратной засечкой необходимо ввести имена опорных пунктов, направления, измеренные на опорные пункты (рис. 10) и СКП измерения угла [1, табл. 1.2].

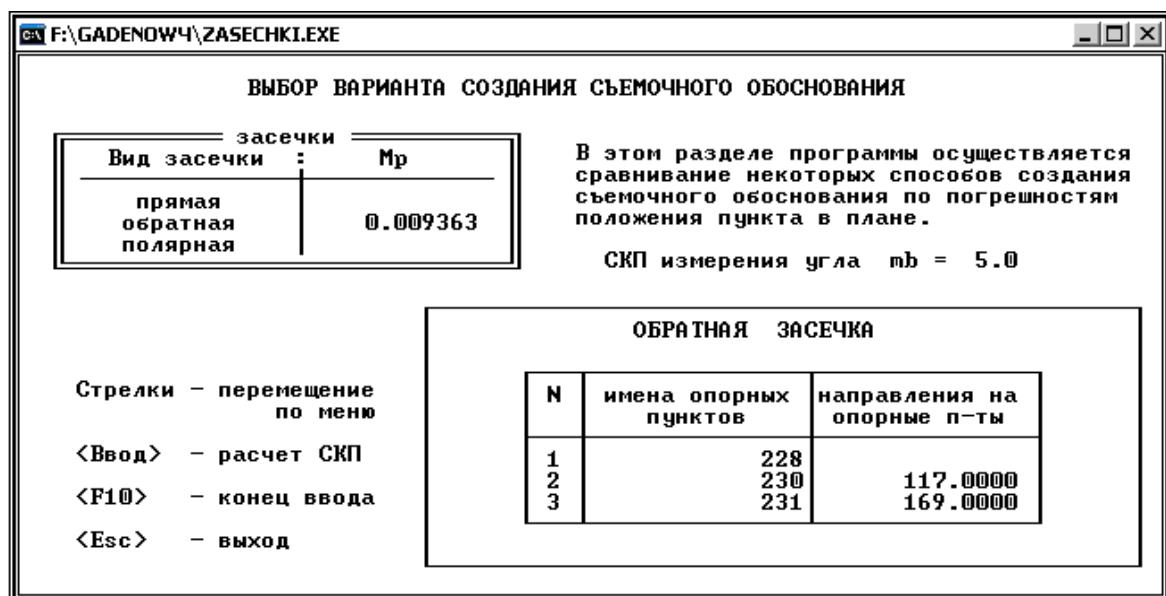


Рис. 10. Вид экрана при расчёте погрешности способом обратной геодезической засечки

9.3. Рассчитать погрешность положения пункта Р в плане при привязке его к пунктам опорной сети полярным способом (рис. 2).

При привязке пункта Р полярным способом необходимо ввести имена опорных пунктов стояния и наведения, измеренное направление на определяемый пункт, измеренное графически горизонтальное проложение и СКП измерения угла [1, табл. 1.2], а также выбрать способ измерения длины (рулеткой, светодальномером, параллактический).

Вид экрана при расчёте погрешности положения пункта Р в плане полярным способом представлен на следующих рисунках: при измерении длин линий рулеткой (рис. 11), светодальномером (рис. 12), параллактическим способом (рис. 13).

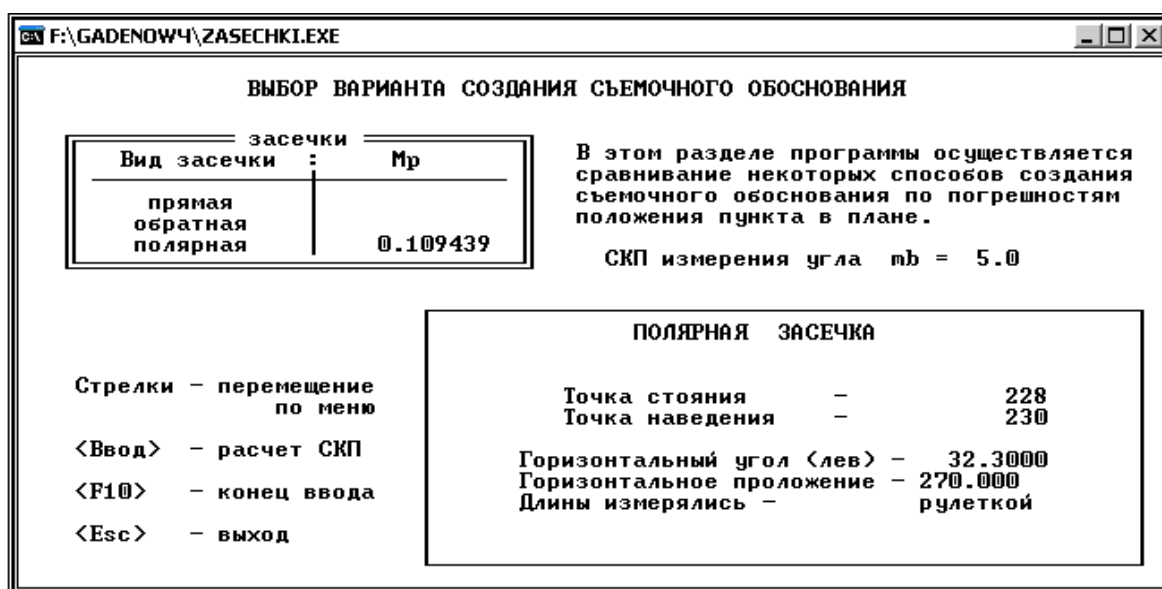


Рис. 11. Вид экрана при расчёте погрешности полярным способом при измерении длин рулеткой

10. Произвести расчёт погрешности положения запроектированного пункта Р по высоте.

Блок программы по расчёту погрешности положения пункта по высоте тригонометрическим нивелированием вставлен в программу «Прямая засечка». Поэтому независимо от способа (прямая засечка, обратная засечка, полярный) создания планового обоснования при расчете погрешности положения пункта по высоте в основном меню программы необходимо выбрать блок «Вычисление координат», способ «Прямая засечка» (рис. 14).

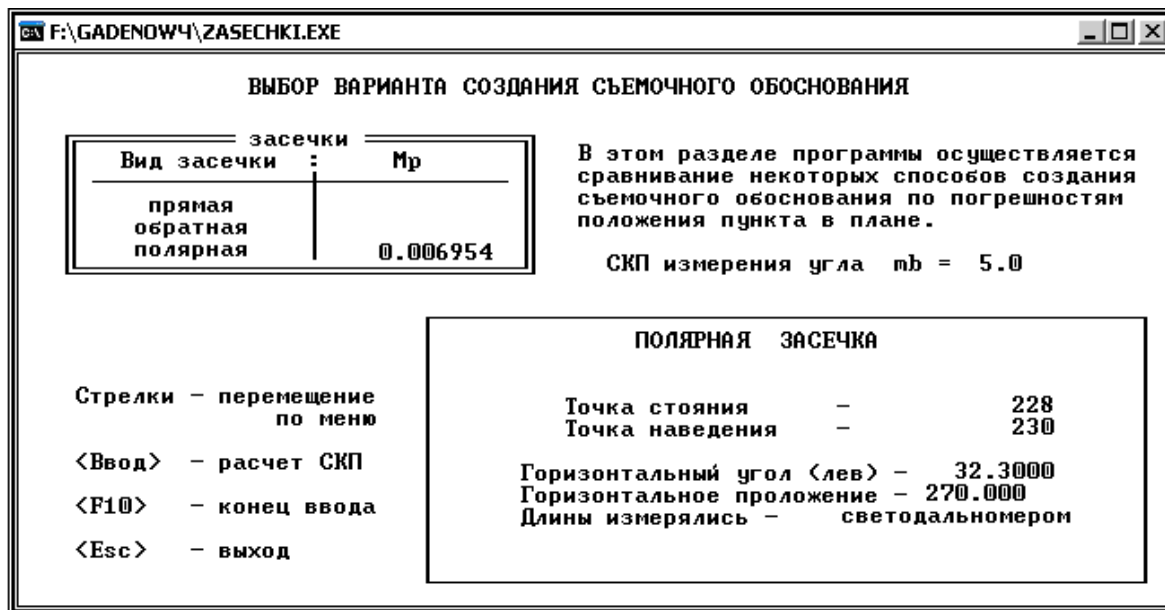


Рис. 12. Вид экрана при расчёте погрешности полярным способом (при измерении длин светодальномером)

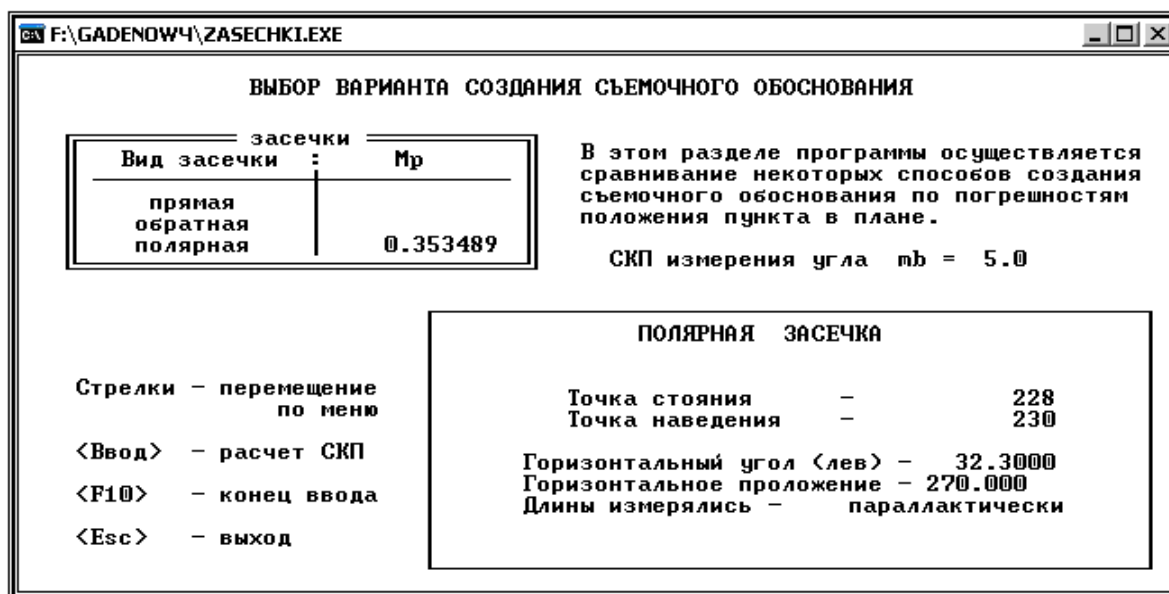


Рис. 13. Вид экрана при расчёте погрешности полярным способом (при измерении длин параллактическим способом)

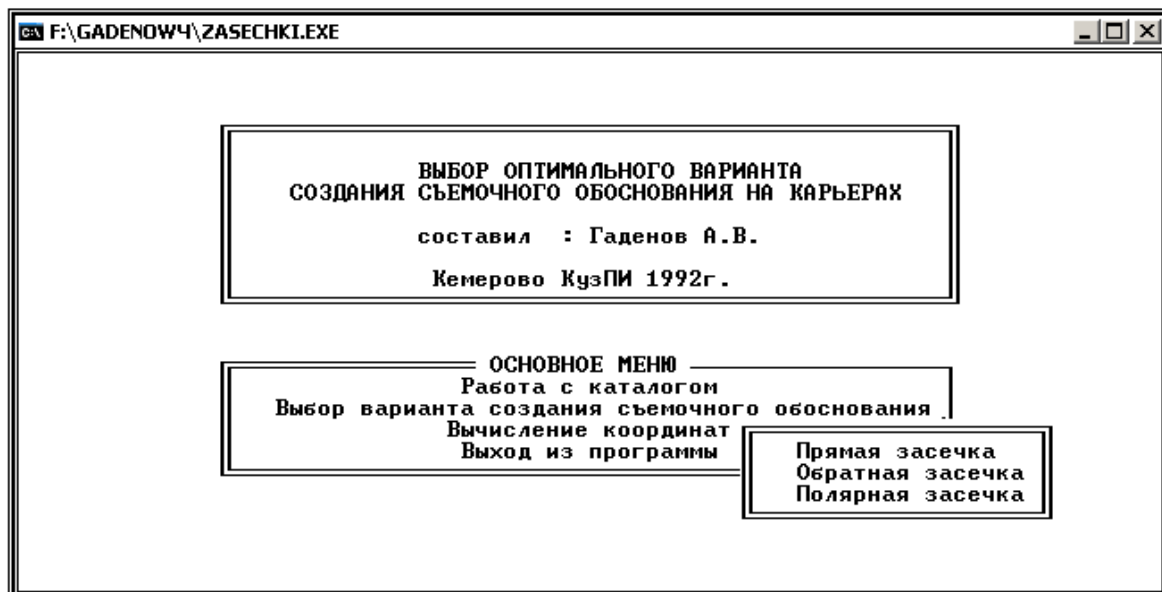


Рис. 14. Вид основного меню на экране

Схема к расчёту погрешности положения пункта Р по высоте показана на рис. 15.

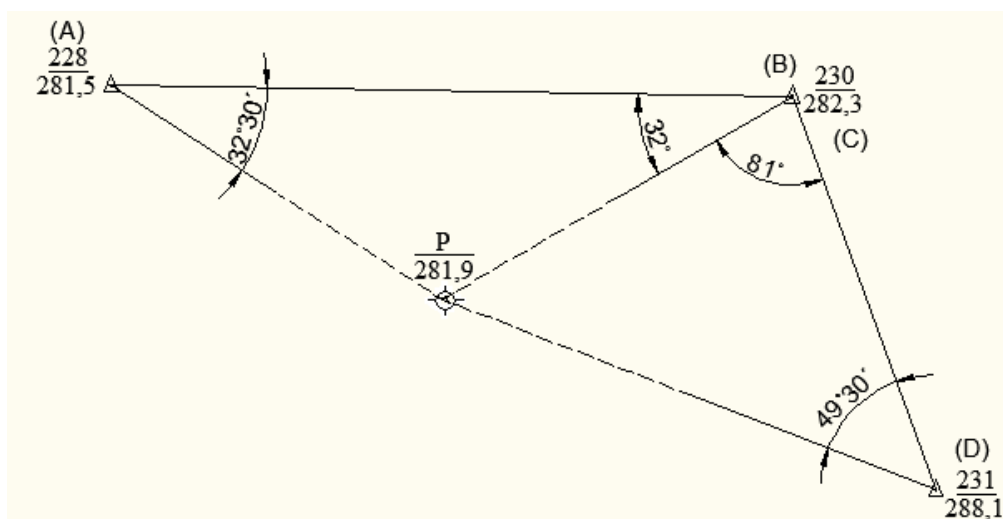


Рис. 15. Схема к расчёту погрешности положения пункта по высоте

Для расчета погрешности положения пункта по высоте необходимо подготовить следующие исходные данные (табл. 5):

- на плане транспортиром измерить горизонтальные углы с твердых пунктов (228, 230, 231) на определяемый пункт (Р). При этом условно принять в треугольнике 228-230-Р пункт **230** за точку В, а затем в треугольнике 230-231-Р этот же пункт **230** принять за точку С (рис. 15);

- вычислить вертикальные углы с твердых пунктов (228, 230, 231)

на определяемый пункт (Р); отметки пунктов и горизонтальные проложения снять с плана.

Таблица 5

Исходные данные для расчета погрешности пункта по высоте

Горизонтальный внутренний угол на схеме (в программе)		Вертикальный угол на схеме (в программе)	
P – 228 – 230 (P – A – B)	32.3000	228 – P (A – P)	- 0.0506
228 – 230 – P (A – B – P)	32.0000	230 – P (B – P)	0.0457
P – 230 – 231 (P – C – D)	81.0000	230 – P (C – P)	0.0457
230 – 231 – P (C – D – P)	49.3000	231 – P (D – P)	0.5848

Исходные данные для расчета погрешности по высоте ввести в программу в два этапа.

Первый этап (рис. 16): название определяемого пункта (например, Р); высота визирования (принять равной 1,4 м); СКП измерения горизонтального и вертикального углов (задать методом подбора, первоначально задать 15" и выполнить расчет по программе, если погрешность положения пункта Р по высоте превышает допустимую («Инструкция ...» [4, п.60]), то погрешность измерения углов принять последовательно 10" или 5").

Второй этап (рис. 17): имена точек стояния (твердые пункты); высота инструмента (принять 1,4 м); горизонтальные и вертикальные углы (табл. 5).

Рис. 16. Вид экрана при вводе погрешностей измерения углов в прямой засечке

Ф:\GADENOW4\ZASECHKI.EXE

П Р Я М А Я З А С Е Ч К А

Имена точек стояния.	высота инстр-та	гориз-й угол на определя- емую точку	верт-й угол на определя- емую точку	высота визир-я на точку
A - 228	1.400	32.3000	-0.0506	1.400
B - 230	1.400	32.0000	0.0457	1.400
C - 230	1.400	81.0000	0.0457	1.400
D - 231	1.400	49.3000	0.5848	1.400

Расположение базисов

F10 - окончание ввода.
 <Стрелки> - перемещение по окну ввода.
 <Esc> - выход в основное меню.

Рис. 17. Вид экрана при вводе углов в прямой засечке

На рис. 17 базис – это линия (AB или CD), соединяющая пункты опорного обоснования, с которых измерены углы на определяемый пункт (P).

После ввода исходных данных, нажать клавишу F10 и произвести расчёт. В программе производится вычисление координат определяемого пункта P из двух вариантов: с базиса AB и базиса CD. На экран выводятся вычисленные координаты пункта P и погрешность определения координат из каждого варианта (рис. 18.).

Ф:\GADENOW4\ZASECHKI.EXE

П Р Я М А Я З А С Е Ч К А

ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ

Засечка с базиса А-В			Засечка с базиса В-С		
Mp=	0.00952	Xp= 2521380.725 Yp= 7512904.40	M =	0.01150	Xp= 2521283.671 Yp= 7513424.397

высотная отметка		
Опорные пункты	Вычисленная отметка Z	Mh
228	281.086	0.020113
230	282.698	0.020387
✓ 230	282.711	0.021069
✓ 231	294.521	0.028562

<Esc>-выход в основное меню <F10>- конец ввода

Рис. 18. Вид экрана с результатами вычислений прямой засечки

Зная допустимый разброс отметок при вычислении их с различных пунктов опорной сети [4, п.79] и допустимую погрешность положения определяемого пункта по высоте [4, п. 60], необходимо выбрать (позначить галочкой) не менее двух пунктов опорной сети, от которых следует вычислить среднюю отметку пункта Р и рассчитать погрешность ее определения.

Для выполнения вышеизложенной операции установить курсор на нужную строку, нажать клавишу «Enter», строка поменяет цвет на красный. После нажатия клавиши «F2» средняя высотная отметка пункта Р будет вычислена от пунктов опорной сети, помеченных красным цветом. (на рис. 18 пункты опорной сети, от которых произведено вычисление средней отметки пункта Р помечены галочками).

Высотная отметка вычисляется по формуле тригонометрического нивелирования от каждого опорного пункта и на экран выдаются все вычисления высотных отметок и погрешность их вычисления относительно опорных пунктов (рис. 19.).

П Р Я М А Я З А С Е Ч К А					
ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ					
Засечка с базиса А-В			Засечка с базиса В-С		
Мр=	0.00952	Хр= 2521380.725	Мр=	0.01150	Хр= 2521283.671
		Ур= 7512904.406			Ур= 7513424.397
высотная отметка			координаты определяемой точки		
Опорные пункты	Вычисленная отметка Z	Mh			
228	281.086	0.020113			
230	282.698	0.020387			
230	282.711	0.021069			
231	294.521	0.028562			
			Мр=	0.01493	Хр= 2521332.198
					Ур= 7513164.402
			Mh=	0.02073	Zp= 282.704
<Esc>-выход в основное меню			<F3>-вывод на принтер		

Рис. 19. Вид экрана с результатами вычисления прямой засечки

11. Математический аппарат, используемый для расчёта погрешности определяемого пункта Р в плане и по высоте для выбранного способа привязки его к пунктам опорной сети, приведен в Приложении 3.

12. На основе анализа результатов расчёта (сравнения ожидаемой погрешности положения определяемого пункта Р в плане и по высоте

(табл. 6) с допустимой по «Инструкции...» [4]) и трудоёмкости полевых работ выбрать оптимальный способ создания съёмочного обоснования.

Таблица 6

Результаты расчёта погрешности положения пункта Р съёмочного обоснования в плане и по высоте (пример)

Вид засечки	Имена опорных пунктов	Погрешность пункта, м				Имена опорных пунктов
		В плане		По высоте		
		M _p	M _{p(ож)} [*]	M _h	M _{h(ож)} [*]	
Прямая	228, 230	0,010	0,020	0,020	0,040	228
	230, 231	0,011	0,022	0,021 0,021	0,042 0,042	230 231
Обратная	228, 230, 231	0,009	0,018			
	230, 231, 227	0,010	0,020			
	228, 231, 227	0,018	0,036			
	230, 227, 228	0,028	0,056			
Полярный способ	228, 230					
	способ измерения длины: светодальномер	0,007	0,014			
	рулетка	0,109	0,218			
	параллактический	0,353	0,706			

13. Дать заключение о надёжности съёмочного обоснования.

Рекомендуемая литература [1 - 5].

Лабораторная работа № 2

Вычисление и оценка точности определения координат пункта съёмочной сети обратной засечкой на ПЭВМ

Цель работы. Обработать на ПЭВМ полевые измерения и дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза для съёмки горных выработок в масштабе 1:2000.

* $M_{ож} = M \cdot t$, где M – расчетная СКП; t – коэффициент, принимаемый по заданной вероятности P погрешности. В маркшейдерской и геодезической практике t часто принимается равным 2, что соответствует вероятности ошибки $P = 0,95$.

Исходные данные

1. Координаты четырех пунктов маркшейдерской опорной сети разреза и высота визирования на пункты (прил. 1).

2. Измеренные горизонтальные направления, высота инструмента на пункте съёмочной сети и углы наклона с определяемого пункта Р на твердые (прил. 2).

Порядок выполнения работы

1. Составить в удобном масштабе (1:10000 или 1:25000) схему расположения пунктов маркшейдерской опорной сети разреза (1, 2, 3, 4) и определяемого пункта Р съёмочной сети (рис. 20).

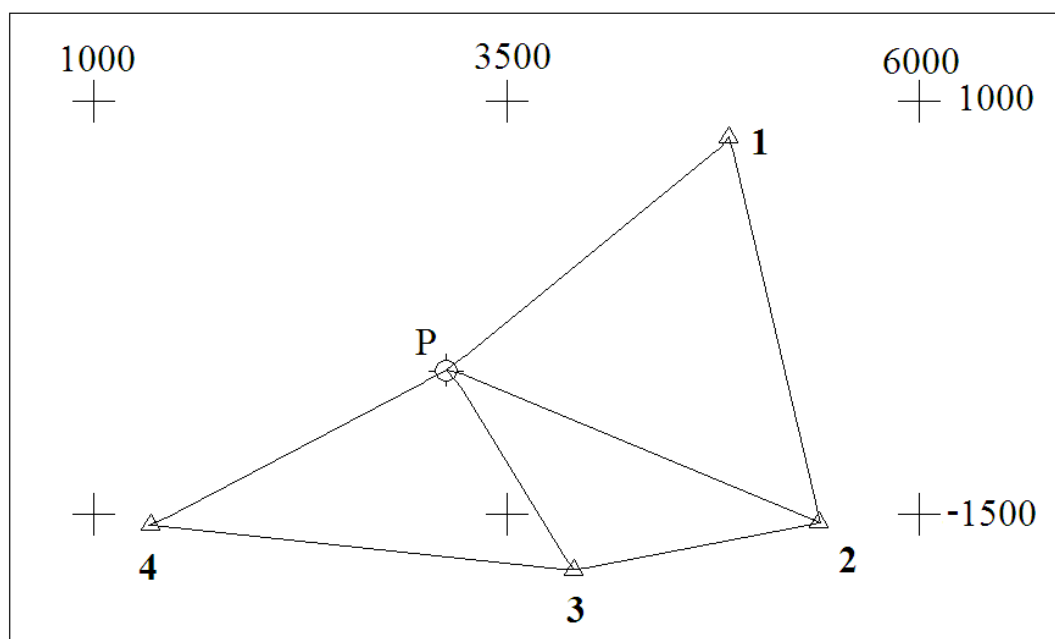


Рис. 20. Схема расположения пунктов маркшейдерской опорной сети разреза и определяемого пункта Р съёмочной сети

2. Загрузить на ПЭВМ программу «**zasechki.exe**» (рис. 4), выбрать в основном меню программы блок «**Работа с каталогом**» (рис. 5), операцию «**Редактирование, просмотр каталога**» (рис. 6). Проверить, имеются ли в каталоге сведения о пунктах опорной сети, к которым произведена привязка определяемого пункта съёмочной сети, и верно ли занесены сведения о координатах. С помощью операции «**Редактирование, просмотр каталога**» в каталог можно внести исправления, если неверно набраны координаты. При отсутствии в каталоге имени пункта необходимо выбрать операцию «**Добавление новых пунктов в каталог**» и произвести пополнение каталога (рис. 7).

Номера опорных пунктов для соответствующего номера варианта принять из Приложения 2, а координаты этих опорных пунктов из Приложения 1.

3. Установить два возможных варианта определения пункта съёмочной сети обратной засечкой.

4. Для вычисления на ПЭВМ координат **X** и **Y** пункта съёмочной сети из решения двух оптимальных схем обратной засечки и погрешности положения пункта **P** в плане для каждой схемы в основном меню программы выбрать блок **«Вычисление координат»**, способ **«Обратная засечка»** (рис. 14).

По запросу программы ввести параметры, нажимая после каждого параметра клавишу «Enter»: имя определяемого пункта, например, **P**; высоту инструмента; СКП измерения угла [1, табл. 1.2] и количество ориентирных пунктов (рис. 21). Нажать клавишу «F10».

О Б Р А Т Н А Я З А С Е Ч К А

ВВЕДИТЕ

Название определяемого пункта - " P"

Высота инструмента <м> i = 1.110

СКП измерения угла <сек> mb = 20.0

Количество ориентирных пунктов n = 4

<Esc> - выход F10 - по окончании ввода

Рис. 21. Вид экрана при вводе исходных данных для вычисления координат способом «Обратная засечка»

По номеру варианта из Приложения 2 ввести следующие данные: название ориентирных пунктов (номера опорных пунктов) направления на ориентирные пункты (измеренное направление), вертикальные углы на ориентирные пункты (измеренный угол наклона), высота визирования (высота наведения) на ориентирные пункты (рис. 22, верхняя таблица) и нажать клавишу «Enter».

Для выбора возможных вариантов курсор установить поочередно на три номера опорных пунктов, помечая каждый пункт клавишей

«Enter», при этом цвет пункта поменяется на красный. Выбранные номера опорных пунктов высветятся в левой нижней таблице. После каждого варианта нажать клавишу «Enter», на экране напротив выбранных пунктов (например, 1-2-3) высвечивается погрешность положения пункта Р (например, 2.82238). Далее, необходимо выбрать четыре **различных** варианта опорных пунктов, от которых будут вычисляться координаты пункта Р. Например, варианты: 1-2-3, 1-3-4, 1-2-4 и 2-3-4, в колонке m_p показана погрешность положения пункта Р при вычислении координат от выбранных опорных пунктов.

О Б Р А Т Н А Я З А С Е Ч К А				
имя точки стояния	название ориентирных пунктов $3 < n < 5$	направления на ориентир- ные пункты	вертикальные углы на ориентирные пункты	высота визир-я на ор-е пункты
$i = 1.110^P$ $m_b = 20.0''$	1			7.050
	2	62.1958	1.4050	4.080
	3	98.3740	-0.0618	3.970
	4	192.2332	-2.5250	4.440

N	вариант	m_p
1	1 - 2 - 3	2.82238
2	1 - 3 - 4	0.17230
3	1 - 2 - 4	0.24663
4	2 - 3 - 4	0.26593

УПРАВЛЕНИЕ

Выбираем 3 направления на ор-е пункты.
 Метим или убираем метки на выбранные
 направления клавишей ввод (Enter).
 F10 - обсчет варианта.
 F2 - вывод результатов.
 <Esc> - выход в основное меню.

Рис. 22. Вид экрана при введении измеренных данных и расчете погрешности определения координат пункта Р обратной засечкой

Анализ полученных вычислений (рис. 22, левая нижняя таблица) показывает, что определять координаты пункта Р от пунктов опорной сети 1-2-3 недопустимо, т.к. погрешность определения плановых координат в этом случае составит 2, 8 м. Наиболее удачными являются варианты 2 и 3, их пометить клавишей «Enter», при этом помеченные строки поменяют цвет на красный (на рис. 22 показаны серым цветом). Выбрав два варианта, погрешности которых минимальны, нажать клавишу «F2», программа производит расчет плановых координат и погрешностей для всех четырех вариантов обратной засечки (рис. 23).

5. Установить из двух вариантов обратных засечек разность в положении пункта съёмочной сети в плане (рис. 23), сравнить её с допустимой по «Инструкции...» [4, п.69].

Для этого, необходимо выбрать два варианта (на рис. 23 показаны серым цветом, на экране - красным), для которых расхождение в положении координат пункта Р из двух вариантов засечки [4, п.69] и погрешность положения в плане [4, п.60] не превышают допустимых значений.

О Б Р А Т Н А Я З А С Е Ч К А			
вариант	Xp	Yp	Мр засечки
1 - 2 - 3	622.847	-3158.194	2.8223842
1 - 3 - 4	621.637	-3158.169	0.1723047
1 - 2 - 4	621.679	-3158.106	0.2466318
2 - 3 - 4	621.668	-3158.234	0.2659318

УПРАВЛЕНИЕ	
На свое усмотрение возьмите несколько обчисленных вариантов и нажмите клавишу <F2> - <смотри ниже>.	
<Enter> - выбор или отмена варианта.	
<F2> - вычисление координат.	
<Esc> - выход в основное меню.	

Рис. 23. Вид экрана при определении координат пункта Р по четырем вариантам обратной засечки

Выбранные варианты пометить клавишей «Enter», после чего нажать клавишу «F2» и программа произведет вычисление высотной отметки от всех четырех пунктов опорной сети с учётом поправки за кривизну Земли и рефракцию (рис. 24).

О Б Р А Т Н А Я З А С Е Ч К А	
Опорные пункты	Вычисленная отметка Z
1	0.000
2	400.787
3	400.334
4	400.648

УПРАВЛЕНИЕ	
На свое усмотрение возьмите несколько обчисленных вариантов и нажмите клавишу <F2> - <смотри ниже>.	
<Enter> - выбор или отмена варианта.	
<F2> - вычисление координат.	
<Esc> - выход в основное меню.	

Рис. 24. Вид экрана при выборе варианта для определения высотной отметки

Проанализировать вычисленные значения высотной отметки Z и выбирать, помечая клавишей «Enter» два варианта (на рис. 24 показаны серым цветом, на экране – красным), в которых расхождение вычисленных отметок не превышает допустимого значения [4, п.79].

После выбора вариантов и нажатия клавиши «F2» программа обрабатывает выбранные варианты решения обратной засечки и на экране появляется конечный результат (рис. 25) плановых координат X и Y , высотной отметки Z , а также средней квадратической погрешности положения пункта P в плане.

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАСЕЧКИ

значения координат

Координаты определяемой точки – "P"

$X =$	621.658
$Y =$	-3158.137
$Z =$	400.491

Ср. кв. погр. положения пункта $M_p = 0.212739$

F3 – вывод на принтер
Esc – выход в меню

Рис. 25. Вид экрана при решении обратной засечки

Для расчета погрешности положения пункта P по высоте необходимо выйти в главное меню программы.

Блок программы по расчёту погрешности положения пункта по высоте тригонометрическим нивелированием вставлен в программу «Прямая засечка». Поэтому независимо от способа создания планового обоснования при расчете погрешности положения пункта по высоте в основном меню программы необходимо выбрать блок «Вычисление координат», способ «Прямая засечка» (рис. 14).

Порядок расчета погрешности положения пункта P по высоте приведен в разделе 10 **Лабораторной работы №1**.

Расчет погрешности положения пункта P по высоте выполнить от тех пунктов опорной сети, для которых в программе вычислена высотная отметка (рис. 24, пункты 2, 3, 4).

Подготовка исходных данных для вычисления погрешности положения пункта P по высоте состоит из следующих этапов:

- решение обратной геодезической задачи: по координатам пунктов (например, 2, 3, 4) опорной сети и пункта Р вычислить дирекционные углы направлений (например, 2-Р, 2-3; 3-Р, 3-4, 4-Р и 4-3):

- по разности вычисленных дирекционных углов вычислить горизонтальные внутренние углы (например, Р-2-3, 2-3-Р, Р-3-4 и 3-4-Р);

- по измеренным углам наклона (прил. 2) с определяемого пункта Р на пункты опорной сети, вычислить вертикальный угол с пунктов опорной сети на определяемый пункт Р (изменив знак измеренного угла наклона на противоположный).

Расчетные параметры для вычисления погрешности положения пункта Р по высоте (для схемы рис. 20) приведены в табл. 7.

Таблица 7

Расчетные данные для вычисления погрешности пункта по высоте

Горизонтальный угол на схеме (в программе)		Опорный пункт	Измеренный угол наклона	Вертикальный угол
Р-2-3 (Р-А-В)	32.3000	2	+ 01.4050	- 01.4050
2-3-Р (А-В-Р)	32.0000	3	- 00.0618	+ 00.0618
Р-3-2 (Р-С-Д)	81.0000	3	- 00.0618	+ 00.0618
3-4-Р (С-Д-Р)	49.3000	4	- 02.5250	+ 02.5250

7. Математический аппарат, реализованный в программе, приведен в Приложении 4.

8. Дать заключение о надёжности определения пункта съёмочной сети разреза способом обратной геодезической засечки.

Рекомендуемая литература [1 – 5].

Список рекомендуемой учебной и методической литературы

Учебная литература

Основная литература

1. Бахаева С. П. Маркшейдерские работы при открытой разработке полезных ископаемых: учеб. пособие / Кузбас.гос.техн.ун-т. – Кемерово, 2010. – 171 с.
2. Бузук, Р. В. Маркшейдерские опорные геодезические сети: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 287 с.

Дополнительная литература

3. Горная графическая документация. ГОСТ 2.850-75 - ГОСТ 2.857-75. Введ. 01.01.80 .- М.: Изд-во стандартов, 1976. – 199 с.
4. Инструкция по производству маркшейдерских работ: РД 07-603-03. Сер. 07. Вып. 15. – М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 120 с.
5. Маркшейдерские работы на карьерах и приисках / М. А.Перегудов, И. И. Пацеев, В. И. Борщ-Компаниец и др. – М.: Недра, 1980. – 366 с.

Методические указания и методические материалы

6. Маркшейдерские работы при открытой разработке полезных ископаемых: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» [Электронный ресурс]: для студентов специальности 130402 «Маркшейдерское дело» / С. П. Бахаева. – Электрон. дан. – Кемерово: ФГБОУ ВПО КузГТУ, 2011.

Приложение 1

Каталог координат пунктов опорной сети разреза
(к лабораторной работе № 3)

Номер пункта	Координаты, м			Высота наведения, м
	X	Y	Z	
1	−0797,56	−4852,83	460,04	7,05
2	1548,17	−5407,23	468,79	4,08
3	1839,32	−3899,02	394,73	3,97
4	1563,55	−1352,80	294,61	4,44
5	2873,55	−5965,00	617,07	3,92
6	0949,14	−5752,45	495,87	4,27
7	−0797,56	−4852,83	473,59	3,45
8	−0797,55	−4852,83	238,82	4,05
9	1325,45	−6324,65	282,63	4,70
10	3652,52	−3649,70	206,59	4,20
11	−5454,51	1314,63	501,39	4,01
12	−4774,85	786,92	426,36	4,42
13	−4006,02	1253,41	516,47	3,92
14	1566,55	−1352,80	188,03	3,94
15	−4767,55	2319,61	234,53	2,47
16	2873,55	−5965,00	486,36	4,02
17	1548,17	−5407,20	362,29	3,88
18	−3474,71	−0602,90	364,92	3,94
19	−4006,02	1253,41	360,52	3,92
20	−5454,91	1314,63	345,84	4,01
21	−4406,84	0216,58	085,49	1,48
22	−4774,85	0786,92	244,98	2,38
23	−4767,55	2319,51	125,94	2,10
24	−5454,91	1314,63	087,14	2,48
25	1325,45	−6324,61	412,04	4,07
26	2873,55	−5965,00	511,39	4,02
27	1839,32	−3899,02	312,81	3,97
28	3834,30	0789,37	368,08	4,28
29	−0892,49	2949,30	387,74	2,50
30	−3474,71	−0602,90	422,01	4,64
31	−5372,35	0214,53	303,58	2,47
32	−4406,84	0216,58	103,67	2,48
33	−4006,02	1253,41	120,19	3,92
34	−4767,55	2319,51	144,24	2,47
35	3652,52	−3649,70	196,53	3,90

Продолжение прил. 1

Номер пункта	Координаты, м			Высота наведения, м
	X	Y	Z	
36	1839,32	–3899,02	173,39	4,27
37	0623,30	–3158,27	177,04	4,15
38	–5454,91	1314,63	395,84	4,01
39	–4406,86	0216,58	393,95	4,66
40	–3474,71	–0602,90	414,82	3,54
41	–0892,49	2949,30	173,08	4,30
42	–4006,02	1253,41	202,35	2,92
43	–3474,70	–0602,90	206,43	3,74
44	–0797,56	–4852,83	834,17	4,05
45	1325,45	–6324,61	878,14	4,70
46	2873,55	–5965,00	977,43	4,02
47	–2967,52	5610,85	281,97	2,29
48	–5454,91	1314,63	173,68	4,01
49	–4406,84	0216,58	171,69	4,96
50	–0892,49	2949,30	395,39	3,30
51	0000,00	0000,00	306,50	4,24
52	3834,80	0789,37	376,10	4,28
53	1325,45	–6324,61	498,05	4,70
54	3652,52	–3649,70	422,10	3,40
55	1839,32	–3899,02	398,84	3,77
56	1566,55	–1352,80	719,83	3,44
57	2873,55	–5965,00	1018,77	3,82
58	3652,52	–3649,70	843,13	4,20
59	1566,55	–1352,80	446,44	4,24
60	0623,30	–3158,22	551,87	5,15
61	–0797,50	–4852,83	601,16	4,35
62	–4006,02	1253,41	240,69	3,92
63	–5454,91	1314,63	225,99	4,01
64	–5372,35	0214,53	208,99	4,20
65	–4509,20	–0128,47	336,11	4,03
66	–4774,85	0780,92	244,98	2,38
67	0623,30	–3158,22	462,74	4,15
68	1548,17	–5407,23	531,38	4,08
69	3652,52	–3649,70	480,49	4,06
70	0949,14	–5752,45	237,36	4,07
71	1325,45	–6324,61	258,86	4,70
72	3652,52	–3649,70	182,85	3,20
73	–2519,02	0609,05	542,31	1,75

Продолжение прил. 1

Номер пункта	Координаты, м			Высота наведения, м
	X	Y	Z	
74	–4006,02	1253,41	625,19	3,92
75	–5454,91	1314,63	610,38	4,01
76	1548,17	–5407,22	185,04	3,88
77	3652,52	–3649,70	134,28	4,20
78	1566,55	–1352,80	010,82	4,44
79	–5372,35	0214,53	178,89	2,47
80	–4006,02	1253,41	210,48	3,92
81	–4006,02	1253,41	400,79	3,62
82	–3474,71	–0602,90	405,60	4,54
83	3834,80	0789,37	351,88	4,28
84	1566,55	–1352,80	316,57	4,44
85	0623,30	–3158,22	422,45	4,15
86	2873,55	–5965,00	614,96	4,22
87	0623,30	–3158,22	250,86	4,15
88	2873,55	–5965,00	444,28	3,72
89	1566,55	–1352,80	145,22	4,44
90	–0892,49	2949,30	056,95	3,10
91	–2967,52	5610,85	181,13	4,49
92	–5372,35	0214,53	055,62	4,10
93	–3474,71	–0602,90	091,74	3,94
94	–5454,91	1314,63	594,50	4,01
95	–4406,84	0216,58	592,57	4,66
96	–3474,71	–0602,90	613,42	3,94

Приложение 2

Номера опорных пунктов и результаты полевых измерений
(к лабораторной работе №2)

Вариант	Опорный пункт	Измеренное направление			Измеренный угол наклона				Высота теодолита, м
		°	'	"	±	°	'	"	
1	1	00	00	00	+	00	00	00	1,11
	2	62	19	58	+	01	40	50	
	3	98	37	40	–	00	06	18	
	4	192	23	32	–	02	52	50	
2	5	00	00	00	+	03	41	02	1,02
	2	63	16	36	–	00	00	00	
	6	110	15	19	–	01	33	32	
	7	132	11	26	–	00	54	58	
3	8	00	00	00	–	00	23	48	1,33
	9	89	39	11	+	01	42	28	
	5	170	28	34	+	00	00	00	
	10	233	10	05	–	01	01	12	
4	76	110	25	18	+	02	52	32	1,04
	5	147	50	29	±	00	00	00	
	77	219	10	38	+	00	49	45	
	78	307	27	42	–	02	10	00	
5	14	00	00	00	–	02	13	10	1,21
	3	55	35	11	–	00	00	00	
	17	87	37	18	+	01	07	28	
	16	119	09	37	+	04	10	02	
6	18	00	00	00	+	00	18	45	1,0
	19	94	37	45	+	00	04	05	
	15	120	39	35	+	00	00	00	
	20	147	52	29	–	00	25	45	
7	79	00	00	00	–	00	48	15	1,17
	65	28	56	52	+	00	37	00	
	80	83	17	25	+	00	41	30	
	15	141	20	08	+	01	53	26	
8	21	21	47	44	+	00	55	30	1,09
	22	65	26	41	–	00	00	00	
	23	95	38	32	+	01	29	12	
	24	115	57	50	+	00	57	02	

Продолжение прил. 2

Вариант	Опорный пункт	Измеренное направление			Измеренный угол наклона				Высота теодолита, м
		°	'	"	±	°	'	"	
9	25	89	39	11	+	01	42	28	1,33
	26	170	28	34	+	05	02	22	
	10	233	10	05	–	00	00	00	
	27	272	22	19	–	02	40	50	
10	81	129	08	51	+	01	37	54	1,21
	82	156	21	59	+	02	01	43	
	1	227	11	21	±	00	00	00	
	83	338	09	09	+	01	02	37	
11	28	00	00	00	–	00	00	00	1,14
	29	53	04	00	–	00	12	25	
	30	97	11	06	+	00	08	55	
	1	179	09	11	+	01	20	35	
12	31	00	00	00	–	00	00	00	1,17
	32	39	22	27	–	00	00	50	
	33	83	17	25	+	00	41	30	
	34	141	20	08	+	01	53	25	
13	35	233	10	05	–	01	01	12	1,33
	36	272	22	19	–	02	40	50	
	37	305	39	18	–	01	33	35	
	1	00	00	00	–	00	00	00	
14	84	00	00	00	–	02	13	10	1,21
	85	38	32	02	–	00	16	22	
	2	87	37	28	±	00	00	00	
	86	119	09	37	+	04	10	02	
15	38	149	00	14	–	00	28	40	1,32
	31	188	40	14	–	00	00	00	
	39	220	17	14	–	00	41	02	
	40	257	23	44	+	00	11	48	
16	41	73	21	33	+	01	41	32	1,21
	42	129	08	51	+	01	37	54	
	43	156	21	59	+	02	00	52	
	1	227	11	21	+	00	00	00	
17	87	00	00	00	+	00	21	00	1,04
	2	110	25	18	±	00	00	00	
	88	147	56	29	+	04	59	25	
	89	307	27	42	–	02	10	00	

Продолжение прил. 2

Вариант	Опорный пункт	Измеренное направление			Измеренный угол наклона				Высота теодолита, м
		°	'	''	±	°	'	''	
18	41	00	00	00	—	00	00	00	1,32
	47	48	00	56	+	01	13	20	
	48	149	00	14	—	00	28	40	
	49	220	17	14	—	00	41	02	
19	50	00	00	00	+	01	03	32	1,22
	51	65	49	21	—	00	44	20	
	1	98	50	57	+	00`	0	00	
	52	200	12	15	+	01	09	28	
20	1	00	00	00	—	00	00	00	1,33
	53	89	39	11	+	01	42	28	
	54	233	10	05	—	01	01	12	
	55	272	22	19	—	02	40	50	
21	90	00	00	00	—	00	27	22	1,32
	91	48	00	56	+	01	13	20	
	92	188	40	14	—	00	58	30	
	93	257	23	44	+	00	11	48	
22	56	307	27	42	—	02	10	00	1,04
	1	51	14	01	+	00	00	00	
	57	147	56	29	+	04	59	25	
	58	219	10	38	+	00	49	45	
23	67	00	00	00	+	00	21	00	1,04
	1	51	14	01	±	00	00	00	
	68	110	25	18	+	02	52	37	
	69	219	10	38	+	00	49	45	
24	47	48	00	56	±	00	00	00	1,32
	94	149	00	14	—	00	28	40	
	95	220	17	14	—	00	41	02	
	96	257	23	45	+	00	11	48	
25	59	307	27	42	—	02	10	00	1,04
	60	00	00	00	+	00	21	00	
	61	51	14	01	+	01	10	22	
	2	110	25	18	+	00	00	00	

Продолжение прил. 2

Вариант	Опорный пункт	Измеренное направление			Измеренный угол наклона				Высота теодолита, м
		°	'	"	±	°	'	"	
26	62	94	37	45	+	00	04	05	1,30
	23	120	39	35	+	00	00	00	
	63	147	52	29	–	00	25	45	
	64	182	57	53	–	01	50	05	
27	31	00	00	00	–	00	48	15	1,17
	65	28	56	52	+	00	37	00	
	66	47	53	47	–	04	54	52	
	19	83	17	25	+	00	00	00	
28	60	305	39	18	±	00	00	00	1,33
	44	00	00	00	–	00	23	48	
	45	89	39	11	+	01	42	28	
	46	170	28	34	+	05	02	22	
29	70	43	19	07	+	00	29	40	1,33
	71	89	39	11	+	01	42	28	
	5	170	28	34	+	00	00	00	
	72	233	10	05	–	01	01	12	
30	18	00	00	00	+	00	00	00	1,35
	73	44	58	15	–	02	14	52	
	74	94	37	45	+	00	04	05	
	75	147	52	29	–	00	25	45	

**Математический аппарат, реализованный в программе
«zasechki.exe»**

1) Прямая геодезическая засечка

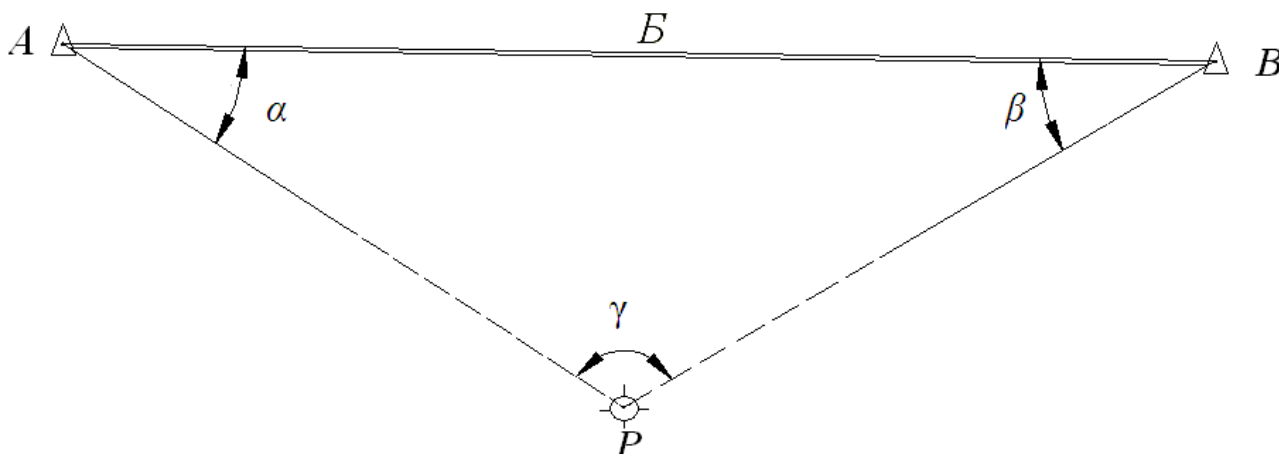


Рис. 3.1. Схема прямой геодезической засечки

Вычисление координат

$$x_P = \frac{x_A \cdot \operatorname{ctg} \beta + x_B \cdot \operatorname{ctg} \alpha - y_A + y_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (1)$$

$$y_P = \frac{y_A \cdot \operatorname{ctg} \beta + y_B \cdot \operatorname{ctg} \alpha - x_B + x_A}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}, \quad (2)$$

Вычисление погрешности положения пункта в плане

$$M_P = \frac{m_\beta \cdot B}{\rho} \cdot \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta}}{\sin^2 \gamma}, \quad (3)$$

где m_β – СКП измерения горизонтального угла в засечках, с; B – длина базиса (расстояние между пунктами опорной сети), м; α, β – измеренные горизонтальные углы, град.; γ – вычисленный горизонтальный угол при определяемом пункте, град.; $\rho=206265$ – переводной коэффициент, с.

2) Обратная геодезическая засечка

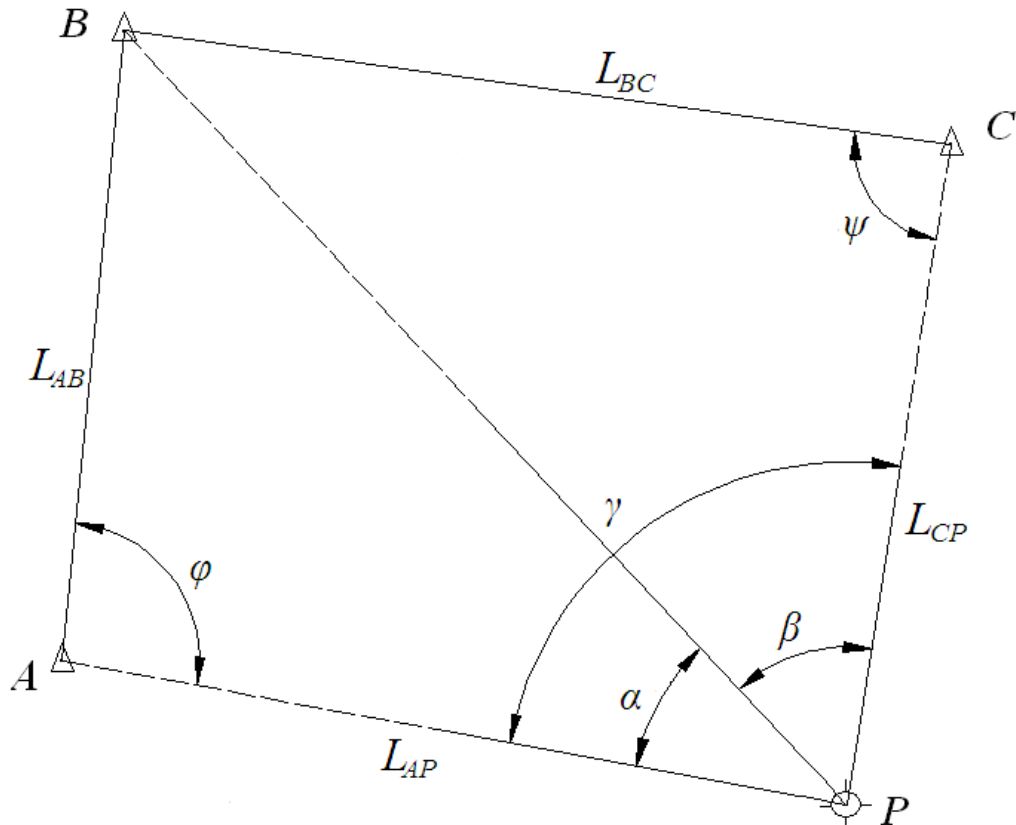


Рис. 3.2. Схема обратной геодезической засечки

Вычисление координат

$$x_P = x_A + \frac{K_1 - CK_2}{1 + C^2} \cdot C, \quad (4)$$

$$y_P = y_A + \frac{K_1 - CK_2}{1 + C^2} \cdot C, \quad (5)$$

где K_1, K_2, K_3, K_4, C – коэффициенты, вычисляемые по формулам:

$$K_1 = \frac{x_B - x_A}{\operatorname{tg} \alpha} + (y_B - y_A), \quad (6)$$

$$K_2 = \frac{y_B - y_A}{\operatorname{tg} \alpha} - (x_B - x_A), \quad (7)$$

$$K_3 = \frac{x_C - x_A}{\operatorname{tg} \gamma} + (y_C - y_A), \quad (8)$$

$$K_4 = \frac{y_C - y_A}{\operatorname{tg} \gamma} - (x_C - x_A), \quad (9)$$

$$C = \frac{K_1 - K_3}{K_2 - K_4}, \quad (10)$$

Вычисление погрешности положения пункта в плане

$$M_P = \frac{m_\beta \cdot L_{BP}}{\rho \sin(\varphi + \psi)} \cdot \sqrt{\left(\frac{L_{AP}}{L_{AB}}\right)^2 + \left(\frac{L_{CP}}{L_{BC}}\right)^2}, \quad (11)$$

где φ, ψ – углы, определяемые по разности дирекционных углов прилежащих к ним сторон, град.; L – горизонтальные проложения, определяемые из решения обратной геодезической задачи, м.

3) Полярный способ

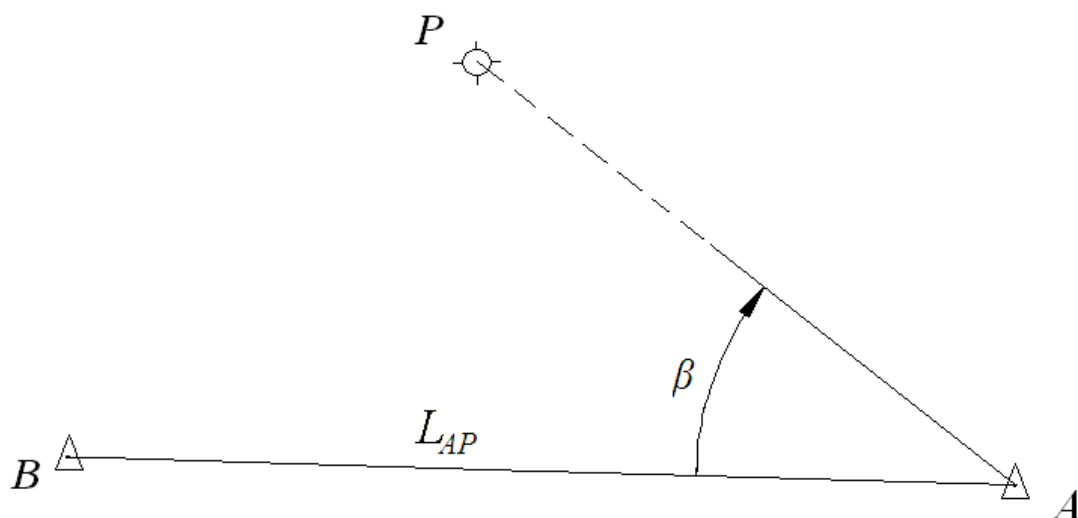


Рис. 3.3. Схема полярного способа

Вычисление координат

$$x_P = x_A + L_{AP} \cos \alpha_{AP}, \quad (12)$$

$$y_P = y_A + L_{AP} \sin \alpha_{AP}, \quad (13)$$

Вычисление погрешности положения пункта в плане

$$M_P = \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} L_{AP}^2 + m_l^2}, \quad (14)$$

где m_l – СКП измерения длины, определяется в зависимости от способа измерения длины по формуле:

при измерении длины рулеткой

$$m_l = \sqrt{\mu^2 L + \lambda^2 L^2}, \quad (15)$$

при измерении длины светодальномером

$$m_l = a + b \cdot L, \quad (16)$$

при измерении длины параллактическим способом

$$m_l = \frac{m_{\beta_0}}{\rho} \cdot \frac{L^2}{b_p}, \quad (17)$$

где μ, λ – коэффициенты соответственно случайного и систематического влияния при измерении длин рулеткой (принимают по «Инструкции ...» [4]); a, b – постоянные коэффициенты светодальномера (принимают по паспорту светодальномера); m_{β_0} – СКП измерения параллактического угла, с; b_p – длина базисной рейки, м; L – горизонтальное проложение от пункта опорной сети до определяемого пункта, м.

Расчет погрешности положения пункта по высоте

При определении планового положения пунктов геодезическими засечками высотную отметку определяют, как правило, тригонометрическом нивелировании (рис. 3.4).

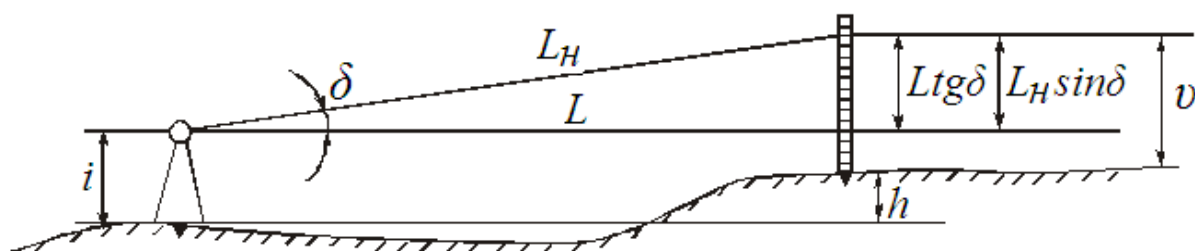


Рис. 3.4. Схема тригонометрического нивелирования

Вычисление высотной отметки

$$h = L \cdot \operatorname{tg} \delta + i - v + f, \quad (18)$$

где δ – вертикальный угол, град.; i – высота инструмента, м; V – высота визирной цели, м; d – горизонтальное проложение, м; f – суммарная поправка за кривизну Земли и рефракцию.

$$f = 0,42 \frac{L^2}{R}, \quad (19)$$

где R – средний радиус Земли $R=6370000$, м.

Вычисление погрешности положения пункта по высоте

$$M_h = \sqrt{m_l^2 \operatorname{tg}^2 \delta + \frac{m_\delta^2 L^2}{\rho^2 \cos^4 \delta} + m_i^2 + m_v^2 + \frac{m_k^2 L^4}{4R^2}}, \quad (20)$$

где $m_l, m_\delta, m_i, m_v, m_k$ – СКП, обусловленные соответственно погрешностями измерения расстояния, угла наклона, высоты инструмента, высоты визирования и коэффициента рефракции; L – горизонтальное проложение от пункта опорной сети до определяемого пункта, м.

Поскольку стороны не измеряются, а вычисляются по теореме синусов, погрешность определения расстояния может быть вычислена по формуле:

$$m_l = \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} R \cdot L^2}, \quad (10)$$

где R – коэффициент, вычисляется по формуле:

$$R = \operatorname{ctg}^2 \alpha + 2 \operatorname{ctg}^2 (\alpha + \beta) + 2 \operatorname{ctg}^2 \alpha \cdot \operatorname{ctg} (\alpha + \beta). \quad (11)$$

где α, β – измеренные горизонтальные углы, град (рис.3.1).

Содержание

Введение	3
Лабораторная работа № 1. <i>Выбор оптимального способа создания съёмочного обоснования на ПЭВМ</i>	4
Лабораторная работа № 2. <i>Вычисление и оценка точности определения пункта съёмочной сети обратной засечкой на ПЭВМ</i>	19
Список рекомендуемой учебной и методической литературы	26
Приложение 1. <i>Каталог координат пунктов опорной сети разреза (к лабораторной работе №2)</i>	27
Приложение 2. <i>Номера опорных пунктов и результаты полевых измерений (к лабораторной работе № 2)</i>	30
Приложение 3. <i>Математический аппарат, реализованный в программе «zasechki.exe»</i>	34